

Fahrerlos durch Franken

Autos, die ganz von allein fahren, waren bereits mehrfach auf deutschen Autobahnen unterwegs. Das autonome Fahren in Innenstädten ist viel anspruchsvoller – und bislang riskant, wie Unfälle belegen. Wie sich die Aufgabe meistern lässt, sollen Tests in Bayern zeigen

von Jürgen Nakott

Den roten Notknopf in der Mittelkonsole habe er noch nie gebraucht, sagt Testwagenpilot Hans Christian Herkner. Ein Druck – und sämtliche autonome Fahrfunktionen in dem technisch hochgerüsteten VW-Passat würden abgeschaltet. Mehr als 14 000 Kilometer sind Herkner und seine Kollegen in den letzten drei Jahren im hochautomatisierten Modus gefahren (siehe Infokasten auf Seite 79, „Vom Fahrer zum Passagier“) – also ohne dass der Fahrer die Hände am Lenkrad hatte und die Pedale treten musste. Das entspricht einem Weg rund um die USA, einer rund 100-stündigen Nonstop-Fahrt auf der Autobahn bei Tempo 130 oder einer Strecke quer durch ganz Europa – von Gibraltar im Südwesten bis zum Nordkap am Rand der Arktis – und wieder zurück.

Heute ist die Teststrecke kürzer, doch die Umstände sind anspruchsvoll. Es dämert schon am frühen Nachmittag, und auf der vierspurigen B173 nahe der oberfränkischen Stadt Kronach hat Schneetreiben eingesetzt. Hier testet der Fahrer seit Herbst 2017 für den französischen Automobilzulieferer Valeo die Funktionen einer kommenden Generation von Autos, die ihrem Namen gerecht werden: „automobil“ – von selbst in Bewegung.

Das Auto zuckt zurück

„Sicherheit first!“, lautet das Motto der Valeo-Ingenieure, wenn sie ihre Autos im autonomen Modus auf die Straße schicken. Wie wichtig das ist, wird bei dieser Testfahrt bald deutlich. Als Herkner den Blinker antippt, um dem System zu signalisieren, es möge den langsameren Vordermann überholen, zuckt das Auto kurz aus der Spur, bleibt dann aber doch rechts. „Die meisten Menschen hätten hier überholt“, sagt Herkner. „Doch dem Programm war wohl der Abstand zum links vorausfahrenden Wagen zu knapp. Zumal Kameras und Radar registriert haben, dass von hinten einer kommt, der schneller ist als wir.“ Das war offenbar die richtige Entscheidung. „Da, er muss jetzt abbremsen“, sagt der Testfahrer, als links vor uns rote Schlussleuchten aufglühen.

Ein paar Minuten später greift er selbst in das Lenkrad: Vor einer Spurverengung verdeckt Neuschnee die weißen Linien auf der Straße. Die Kameras liefern dem System keine verlässlichen Informationen mehr über den Verlauf der Straße. „Wahrscheinlich hätte der Wagen aufgrund der Informationen anderer Sensoren doch noch herübergelenkt“, sagt Herkner. „Ich wollte es aber nicht darauf ankommen lassen.“ Spurerkennung unter Schnee –

ein Problem, das zwar schon gelöst, in diesem Wagen aber noch nicht programmiert sei, beruhigt vom Rücksitz der technische Begleiter Johannes Petzold.

Ab Herbst durch die Stadt

@city: So heißt das Projekt, für das Herkner auf oberfränkischen Straßen testet, welche Aufgaben der Fahrer seinem Auto in naher Zukunft überlassen darf, ohne selbst den Verkehr im Blick haben zu müssen. Auf Autobahnen gibt es solche Tests seit mehr als vier Jahren. Doch ab Herbst 2018 sollen die Testfahrzeuge erstmals in Deutschland auch auf Landstraßen und in Innenstädten erprobt werden – mit Querverkehr, Ampeln, Vorfahrtsregelungen, Fußgängern und Radfahrern.

Der Name der Firma Valeo, für die Christian Herkner fährt, kommt aus dem Lateinischen – und eine mögliche Übersetzung lautet: „Ich kann es“. Geforscht wird für das Unternehmen in San Francisco, Paris – und in Kronach. Hier hat die Forschungsabteilung für Fahrassistenzsysteme bislang rund 50 Mitarbeiter, und sie wächst rasch weiter. „Ende 2018 werden wir wohl an die 100 sein“, prophezeit Forschungsleiter Jörg Schrepfer. Seine Arbeitsfelder sind neben der Automatisierung des Fahrens die Vernetzung der Autos untereinander, die „Car-to-Car-Communication“, und die Verständigung zwischen Auto und Mensch über ein „Human-Machine-Interface“.

Ein Kokon aus Sensoren

Im Projekt @city haben sich in Deutschland neun Partner aus der Automobil- und Zulieferindustrie sowie zwei Forschungsinstitute zusammengeschlossen. Seit September 2017 entwickeln sie Konzepte und Algorithmen für das automati-



Kompakt

- ▶ Die oberste Regel für die Fahrzeugingenieure lautet: Sicherheit geht vor.
- ▶ In brenzligen Situationen hat immer der Mensch die Hoheit hinterm Steuer.
- ▶ Problematisch wird es, wenn autonome Autos und solche mit menschlichem Fahrer sich die Straßen teilen.

action press/Shan Yuqi/Xinhua

chombosan/fotolia



Entspannt ein Buch lesen und das Verkehrsgeschehen völlig ausblenden: Bis diese Vision Wirklichkeit wird, werden noch Jahre vergehen. Bislang muss der Fahrer auch im automatischen Betrieb stets die Übersicht behalten, um jederzeit eingreifen zu können.

sierte Fahren in der Stadt. Ganz wichtig ist dabei ein mehrschichtiger Kokon von Sensoren (siehe Kasten auf Seite 78: „Die Augen und Ohren der Autos von morgen“). Er versorgt die Programme mit Informationen, um das Auto sicherer als ein menschlicher Fahrer durch alle Verkehrssituationen zu lotsen.

Die Herausforderung, Verkehrszeichen und Ampelsignale korrekt zu deuten und entsprechend zu reagieren, ist für Autos der jüngsten Generation gelöst. Dasselbe gilt für das autonome Überholen und das selbstständige Ein- und Ausparken. Dazu muss der Fahrer nicht einmal mehr im Auto sitzen. Erscheint ihm eine Lücke zu schmal, um darin die Türen öffnen zu können, steigt er aus und überlässt es seinem Fahrzeug, sich hineinzumanövrieren.

Allerdings: Zum sicheren autonomen Fahren in der Stadt gehört mehr, als ein regelkonformes Tempo zu fahren, die

Spuren unfallfrei zu wechseln und den richtigen Weg im Straßendschungel zu finden. Die Algorithmen sollen das System in die Lage versetzen, Situationen wie ein Mensch zu interpretieren, sogar Gesten und Absichten richtig zu deuten: Will die Frau mit dem Kinderwagen die Straße überqueren? Kündigt die winkende Hand des Radfahrers an, dass er abbiegen will – oder hat er nur einen Bekannten begrüßt? Unter anderem für solche Fragen hat Valeo 2017 das weltweit erste „Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz für automobile Anwendungen“ gegründet.

Grundlagen sind vor allem die Erfassung des Fahrzeugumfelds, die Lokalisierung des eigenen Standorts und die Ortung anderer Verkehrsteilnehmer: Wer ist wo und bewegt sich wie schnell wohin? Die Sensortechnik dafür ist marktreif und beginnt gerade vom Premiumsegment in die Ausstattung der Mittelklasse durchzu-

sichern. Ultraschallsensoren helfen, Abstand zu halten. Kameras geben die Umgebung in allen Richtungen auf Monitoren wieder. Radar ermittelt Richtung und Geschwindigkeit anderer Fahrzeuge.

Laserscanner im Frontgrill

Eine Sonderstellung hat Valeo noch mit einem neuartigen Laserscanner. Bei den aktuellen Testwagen ist ein Exemplar im Frontgrill eingebaut. Es liefert in einem 145-Grad-Winkel Daten über Objekte in Fahrtrichtung, identifiziert andere Fahrzeuge 150 Meter und Menschen 80 Meter voraus. Bei den anstehenden Probefahrten im Stadtverkehr werden vier Laserscanner alle Richtungen abtasten. Mit deren Daten erstellen die Computersysteme dann in Echtzeit detailgetreue dreidimensionale Umgebungskarten.

Die Kombination aller Sensortypen stellt zusammen mit einem hochauflösen-

Die Augen und Ohren der Autos von morgen

Rundumsicht auf vielen Ebenen und Frequenzen – in modernen Autos stecken vielerlei Sensoren. Beim teilautomatisierten Fahren liefern sie dem Fahrer Informationen, auf die er reagieren kann. Bald werden sie das System vom Fahrer unabhängig machen. Erprobt werden Fahrzeuge bis zum Grad „hochautomatisiertes Fahren“. Hinzu kommt ein präzises GPS, das Autos zentimetergenaue Informationen zum Standort liefert. Der Wagen der beschriebenen Testfahrt besaß folgende Sensoren:

Art der Sensoren	Zahl	Reichweite	Funktion
Ultraschall	12	7 Meter	Abstandswarnung
Umfeldkameras	4	bis 20 Meter	Vier überlappende Sichtwinkel bis zu 190 Grad schaffen Rundumsicht
Frontkamera	1	bis 200 Meter	Liefert Informationen über Verkehr in Fahrtrichtung; erkennt Verkehrszeichen, Ampeln, Spurlinien, Objekte
Radar	4	bis 100 Meter	Ähnlich wie Ultraschall, aber mit elektromagnetischen Wellen; Erfassung von Abstand und Geschwindigkeit von Objekten im Umfeld
Laserscanner (Lidar)	1 (später 4)	150 Meter	Arbeitet im unsichtbaren Frequenzbereich von 905 Nanometern und liefert in einem 145-Grad-Winkel Daten für 3D-Umgebungskarten sowie Hinweise, welche Objekte sich im Umfeld wie schnell wohin bewegen



Fahrerlose Busse sind an der Charité in Berlin im Testbetrieb (oben). Auch in England werden autonome Elektroautos getestet.

den, zentimetergenau arbeitenden GPS sicher, dass der Rechner, der das autonome Auto lenkt, über alle notwendigen Informationen für den sicheren Transport seiner Passagiere verfügt – auch in der Nacht, bei Regen oder Gegenlicht.

Wie das in der Praxis funktioniert, zeigen erste Experimente mit fahrerlosen Bussen, „People Mover“ genannt. Verschiedene Modelle fahren unter anderem im brandenburgischen Kyritz, in Frankfurt am Main, im niederbayerischen Bad Birnbach und in Sitten in der Schweiz.

Automatische Shuttle-Busse

Das Prinzip ist überall ähnlich: Im schweizerischen Sitten fahren zwei Kleinbusse mit je elf Sitzplätzen auf einem 1,5 Kilometer langen Rundkurs im Stadtzentrum weitgehend automatisiert zwischen Pkw, Lieferwagen, Radfahrern und Fußgängern. Im Kurort Bad Birnbach testet die Deutsche Bahn den lenkradlosen Elektro-Shuttle „ioki“. Er hat sechs Sitz- und ebenso viele Stehplätze und pendelt zwischen der beliebten Rottal-Terme und

dem Ortszentrum. Bislang nur auf dem Werksgelände wird das würfelförmige Roboter-Taxi „CUBE“ (Continental Urban mobility Experience) des @city-Projektpartners Continental erprobt. Es hat ebenfalls sechs Sitzplätze und soll sich künftig per App herbeirufen lassen. Laserscanner, Stereokamera und vier Radarsensoren werden das Taxi dann fahrerlos durch die Häuserschluchten navigieren.

Unter realen Bedingungen ist ein Modellversuch zum autonom fahrenden öffentlichen Nahverkehr im brandenburgischen Kyritz angelaufen. In der am dünnsten besiedelten Region Deutschlands bringen fahrerlose Minibusse Passagiere auf Strecken von drei bis fünf Kilometern aus abgelegenen Orten zu größeren Verkehrsknoten. Begleitet wird das Projekt von den Technischen Universitäten Berlin und Dresden. „Für uns ist wichtig, dass die Ergebnisse auf andere Regionen übertragbar sind“, sagt Arne Holst, der an der TU Berlin über Straßenplanung und Straßenbetrieb forscht. Sein Ziel: „Nicht jeder neue Modellversuch in Deutschland soll

mit den gleichen Anfangsschwierigkeiten zu kämpfen haben.“ Der Verkehrspsychologe Pascal Friebe von der TU Dresden ergänzt: „Man darf die Nutzer nicht vergessen. So ein Projekt trägt nur, wenn die Leute es annehmen.“ Und er betont: Vor allem ältere Menschen hätten Vorbehalte, sich in einen Bus ohne Fahrer zu setzen.

Gesetze werden bereits angepasst

Bisher muss noch ein Mitarbeiter mit an Bord sein – nicht nur, um unvorhergesehene Probleme der Anfangsphase zu lösen, sondern auch aus verkehrsrechtlichen Gründen. Doch kaum beachtet von der Öffentlichkeit sind Politik und Versicherungen dabei, Gesetze und Paragraphen so anzupassen, dass in wenigen Jahren auch der private Verkehr hochautomatisiert oder komplett autonom fließen kann.

Beim „Wiener Übereinkommen für den Straßenverkehr“ aus dem Jahr 1968 ist das bereits geschehen. Dort hieß es bis 2016 (Artikel 8.5): „Jeder Fahrer muss dauernd sein Fahrzeug beherrschen können.“ Dieser Passus ist für hochautomatisierte

Vom Fahrer zum Passagier – in 5 Stufen zur Autonomie

Die Bitte, rückwärts in eine enge Lücke einzuparken, hat schon so manchen Fahrschüler bei der Prüfung ins Schwitzen gebracht. Das ist bald Geschichte: Autos mit Automatisierungsgrad Null (ohne Assistenzsysteme) werden kaum noch verkauft. Selbst Menschen, die eisern behaupten, „ich will selbst fahren“, nutzen Tempomat, Abstandhalter und Spurhaltevorrichtung, wenn sie vorhanden sind. Die Automatisierung bis hin zu einem völlig autonomen Fahrzeug ist vorgezeichnet. Experten unterscheiden derzeit 5 Stufen:

Stufe 1: assistiertes Fahren

Die Systeme im Auto unterstützen den Fahrer, etwa mit Tempomat, Abstandskontrolle und Spurhaltung. Der Fahrer selbst muss aber jederzeit die Hände am Lenkrad haben und den Verkehr beobachten.

Stufe 2: teilautomatisiertes Fahren

Das Auto kann zeitweise autonom fahren: Ohne dass der Fahrer lenkt oder die Pedale tritt, hält es auf der Autobahn die Spur und passt im stockenden Verkehr sein Tempo dem Vordermann an. Der Fahrer muss den Verkehr beobachten und stets die Kontrolle übernehmen können. Einparken kann das Auto allein.

Stufe 3: hochautomatisiertes Fahren

Die Systeme können die Fahrt komplett allein bewältigen. Sie beachten Verkehrszeichen und Ampeln und überholen selbstständig. Die

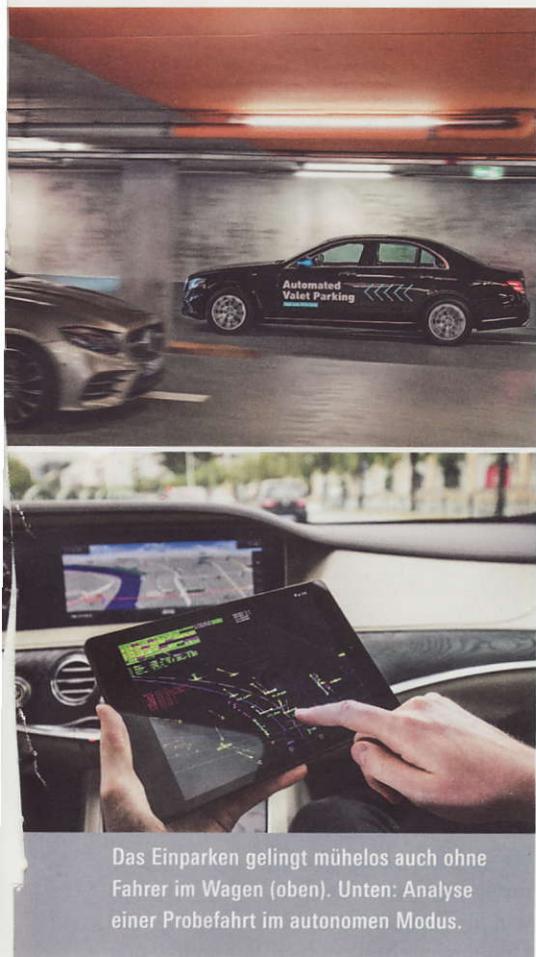
Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit Teilen der Infrastruktur beginnt: Sensoren übermitteln dem System per Funk Gefahrenpunkte wie Staus und Eisglätte. Der Fahrer muss aber jederzeit die Übersicht haben und übernehmen können.

Stufe 4: vollautomatisiertes Fahren

Zwar ist eine Person an Bord, die bei Störungen die Kontrolle übernehmen kann. Doch sie ist nicht mehr verpflichtet, den Verkehr zu beobachten, das Auto kommuniziert ständig mit der Umgebung.

Stufe 5: fahrerloses Fahren

Auf dieser Stufe wird der Fahrer zum Passagier – sofern er überhaupt noch im Auto sitzt. Lenkrad und Pedale sind überflüssig. Man kann autonome Autos herbeirufen und ihnen ein Fahrtziel vorgeben.



Das Einparken gelingt mühelos auch ohne Fahrer im Wagen (oben). Unten: Analyse einer Probefahrt im autonomen Modus.

Autos außer Kraft gesetzt. Als nächstes soll überarbeitet werden, was überhaupt ein „Fahrer“ ist. In einer Vorlage des deutschen Verkehrsministeriums heißt es, dass „künftig automatisierte Systeme mit voller Kontrolle über ein Fahrzeug dem Menschen gleichgestellt werden“. In den USA ist man schon weiter – auf Druck des Internetkonzerns Google, dessen lenkradlose Autos bald auf den Markt kommen sollen. Das Unternehmen setzte bei der US-Verkehrsbehörde NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) durch, dass auch Computer als Fahrer eines Autos definiert werden können.

Bleibt die Frage der Haftung. Versicherer erwarten zwar, dass die Unfallhäufigkeit sinkt, wenn Autos autonom fahren. Weit über 90 Prozent aller Unfälle in Deutschland sind laut ADAC-Unfallforschung auf menschliches Versagen zurückzuführen. Weil dennoch viele Menschen fürchten, sie müssten für Schäden aufkommen, die ihr selbstfahrendes Auto verursacht, ließ der damalige Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt 2017

verlautbaren: „Wenn der Computer fährt, haftet der Hersteller.“

Harald Barth, Manager Produktmarketing bei Valeo, sieht das entspannt. „In Deutschland ist die Haftungsfrage komfortabel“, sagt er. Es gelte immer die Halterhaftung. „Im Fall eines Unfalls tritt generell die Haftpflichtversicherung ein. Ob der Versicherer sich das Geld vom Hersteller zurückzuholen versucht, ist eine andere Frage.“ Sollte sich bestätigen, dass hochautomatisierte Autos weniger Schäden verursachen, würde die Versicherung für solche Modelle vermutlich billiger.

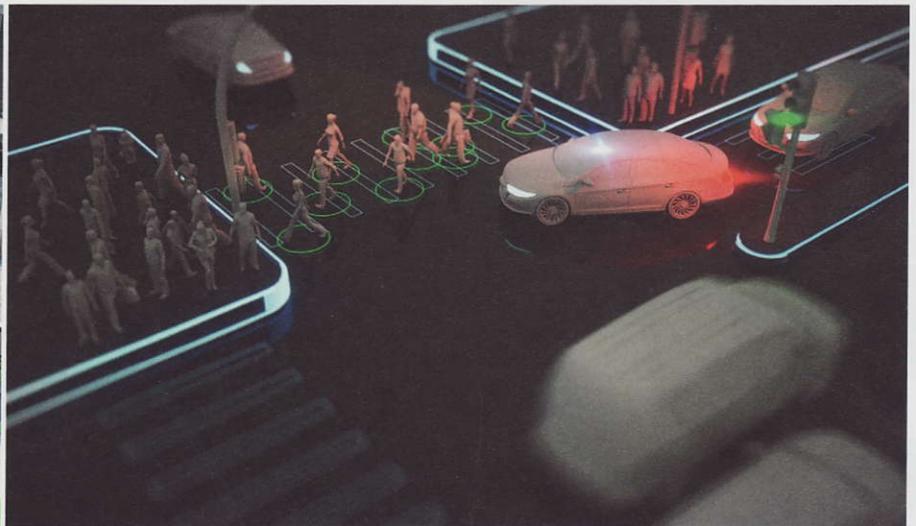
Hände vom Steuer ist erlaubt

Erst im November 2017 hat der Bundestag in Berlin ein Gesetz verabschiedet, das festlegt, was auf deutschen Straßen bei hochautomatisierten Autos künftig möglich ist – zunächst allerdings nur auf Autobahnen. Erlaubt ist es nun zum Beispiel, dass der Fahrer die Hände vom Lenker nimmt, um etwa E-Mails zu checken. Aber er muss jederzeit das Steuer übernehmen können. Die „Rückübernahme“ des Lenk-

rads ist dann vorgeschrieben, wenn der Computer dazu auffordert oder wenn die automatisierte Fahrfunktion gestört wird, beispielsweise durch einen geplatzten Reifen. Ein Datenspeicher – ähnlich der „Blackbox“ bei Flugzeugen – soll für den Fall eines Unfalls das Verkehrsverhalten nachvollziehbar dokumentieren.

Außer Diskussion steht bislang, dass der Mensch die Hoheit über die Maschine behalten soll. Valeo-Forschungsleiter Jörg Schrepfer nennt zur Veranschaulichung ein Beispiel absichtlicher Regelüberschreitung: „Sie stehen an einer roten Ampel, blockieren aber ein Sanitätsfahrzeug mit Blaulicht. Dann fahren Sie doch über die Kreuzung und machen den Weg frei“, beschreibt Schrepfer die Situation. „Diese Entscheidung könnte ein Computer noch nicht treffen, weil das gegen die programmierten Regeln ist. Das System würde handeln wie ein Kind, dem der Vater etwas streng verboten hat und das die Ausnahme von der Regel nicht kennt.“ Noch nicht.

Und was ist, wenn jemand sich oder anderen Menschen bewusst schaden will?



Grips für die City: Selbstfahrende Autos sind Bestandteil des Konzepts einer intelligenten Stadt. Mithilfe von Kameras und Lasersensoren erkennen sie Fußgänger, Parklücken und andere Fahrzeuge. Zudem verständigen sich die autonomen Wagen per Funk miteinander.

Valeo (2); iStock.com

Natürlich könnte ein Programm verhindern, dass ein Mensch absichtlich mit hohem Tempo gegen einen Baum oder in eine Fußgängerzone fährt. „Ingenieure können viel“, sagt Valeo-Produktmanager Harald Barth. „Sie können aber nicht stellvertretend für die Gesellschaft ethische Fragen entscheiden.“

Die Debatte kommt in Schwung

Fest steht: Die Debatte nimmt Fahrt auf, denn was für die Fahrlehrer von gestern noch düstere Science-Fiction war – wer braucht einen Führerschein, wenn das Auto selbst fährt? –, rückt näher an den Alltag. An der Freien Universität Berlin leitet der Informatiker Daniel Göhring ein Forschungsprojekt zu autonomen Fahrzeugen. Er ist überzeugt: „In den nächsten drei bis fünf Jahren werden wir auf Autobahn-Teststrecken die ersten vollkommen autonomen Fahrzeuge sehen.“ Harald Barth rechnet eher mit dem Jahr 2025. Und in Städten würden wohl erst 2030 autonome Autos fahren. Es könnte aber auch 2040 werden. Das bedeutet: Wer heute geboren wird, dessen erstes Auto hat vielleicht weder Lenkrad noch Pedale.

Gerät das autonome Auto in einen Stau oder erfassen die Sensoren Eis oder Öl auf der Fahrbahn, warnt es alle Fahrzeuge in der Umgebung. Das vermeidet

Auffahrunfälle. Und die Autos werden künftig mit der Infrastruktur kommunizieren, beispielsweise mit Ampeln. Die schalten bei einer Anfrage des Fahrzeugs automatisch auf Grün, falls die Straße frei ist. Das Auto wird zudem Fußgänger und Radfahrer über die Tracking-Funktion ihrer Smartphones lokalisieren können, selbst wenn sie durch einen Möbelwagen oder eine Plakatwand verborgen sind. Es wird automatisch bremsen, wenn absehbar ist, dass die Wege sich kreuzen. Und am Ziel senden freie Parklücken Signale an Wagen, die einen Parkplatz benötigen – und dort automatisch einparken.

Dass dieses Szenario keine Utopie mehr ist, hat ein Experiment aus dem Sommer 2013 bestätigt, das Forschungsprojekt „simTD“ („Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland“). Dabei wurde in Hessen auf öffentlichen Straßen erprobt, wie Autos untereinander und mit ihrer Umgebung Informationen austauschen, Hindernisse wahrnehmen, Gefahren erkennen, Signale aussenden, Verkehrszeichen und Ampeln steuern sowie Fahrtrouren anpassen. Mit dem Ergebnis: Das System ist praxistauglich.

Allerdings: Problematisch werden die Jahre des Übergangs sein, in denen die menschlichen Fahrer der alten Automobil-Modelle zwischen autonomen und vernetzten Autos ihren Weg suchen. Schub

könnte der Übergang zur Elektromobilität geben. „Die Bauteile für Verbrennungsmotoren brauchen viel Platz, den wir in E-Autos optimal für Sensor- und Computertechnik nutzen könnten“, sagt Jörg Schrepfer.

Das Ende der Omnibus-Ära

Profitieren würde nicht zuletzt der ländliche Raum, für den die oberfränkische Region rund um Kronach steht, wo Christian Herkner seine Testfahrten mit den hochautomatisierten Wagen absolviert. Oder das brandenburgische Kyritz, wo bereits autonome Busse rollen. Dort könnte jemand, der heute noch mit Genuss selbst aufs Gaspedal tritt, in einigen Jahren als Rentner per App einen Shuttle rufen, der ihn fahrerlos in die nächste Stadt zum Einkaufen und wieder nach Hause bringt. Abgelegene Dörfer würden von autonomen Taxibussen flexibel mit vier, sechs oder zwölf Sitzen angefahren, je nach Nachfrage. Die Ära großer Busse, die nach festem Fahrplan, aber ohne Passagiere leer durch die Landschaft kutschieren, wäre vorbei.



JÜRGEN NAKOTT saß bereits zweimal als Passagier in einem Auto, das weitgehend autonom fuhr: „Ich könnte mich daran gewöhnen.“